



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
**INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN**

# **SYSTÉM PRO ODSÁVÁNÍ SPALIN NAD SPÉKACÍM ROŠTEM**

SYSTEM FOR EXHAUSTING OF COMBUSTION GASES OVER THE SINTERING GRATE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**SILVIE KRATOCHVÍLOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**ING. JIŘÍ DVOŘÁČEK**

BRNO 2014



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním řešením systému pro odsávání spalin nad spékacím roštem. První část je věnována obecnému pojednání o spékacím roštu, o jeho činnosti a o jednotlivých modifikacích. Další část se zabývá problematikou, která obnáší umístění krytu nad spékací rošt. V poslední části je proveden návrh optimálního řešení systému pro odsávání spalin a popsány důvody, které vedly k jeho výběru.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Spékací rošt, karuselový spékací rošt, vsázka, umělé kamenivo, popílek

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with solution for waste gases exhaustion system above the sinter grate. The first part is dedicated to the general treatise about sinter grate, its operations and individual modifications. Another part looks into issues covering placing of the cover above the sinter grate. Proposal of optimal solution of the waste gases exhaustion system is done in last part, where are described reasons, which lead to its choice.

## **KEYWORDS**

sinter grate, carousel sinter grate, charge, artificial aggregate, flue ash

## **Bibliografická citace:**

KRATOCHVÍLOVÁ, S. *Systém pro odsávání spalin nad spékacím roštem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 39 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Dvořáček Ph.D..



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

---

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci Systém pro odsávání spalin nad spékacím roštem vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jiřího Dvořáčka a uvedla v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne .....

---

vlastnoruční podpis autora



## PODĚKOVÁNÍ

---

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Jiřímu Dvořáčkovi za odborné vedení, rady a vstřícnost při vypracovávání této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Michalu Batelkovi za poskytnutí informací a cenné připomínky.





**OBSAH**

ÚVOD.....	11
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ .....	12
1.1 Odsávací zařízení.....	12
1.1.1 Odsávací zařízení společnosti Ergo plan.....	13
1.1.2 Odsávací zařízení společnosti Tigemma strojírenství.....	14
1.1.3 Odsávací zařízení společnosti Nederman.....	15
1.2 Těsnění a mazání.....	15
1.2.1 Těsnění za pomoci pružin.....	16
1.2.2 Těsnění pomocí vertikálně pohyblivého plechu.....	16
1.2.3 Těsnění pomocí mazacích lišt.....	17
1.3 Aglomerační rošt a princip jeho funkce .....	18
1.3.1 Karusel.....	18
1.3.2 Umělé kamenivo.....	19
1.3.3 Popílek.....	19
2 analýza problému a cíl práce.....	20
3 Návrh konstrukčních řešení .....	21
3.1 Varianta se zavěšenou konstrukcí.....	21
3.2 Varianta skládající se z více částí a upevněna na stojan .....	21
3.3 Varianta s konstrukcí položenou na karuseli .....	22
3.4 Výběr vhodné varianty.....	22
3.4.1 Varianta se zavěšenou konstrukcí.....	22
3.4.2 Varianta skládající se z více částí a upevněna na stojan.....	23
3.4.3 Varianta s konstrukcí položenou na karusel.....	23
3.4.4 Výběr vhodné varianty .....	23
4 výsledné konstrukční řešení.....	24
4.1 Rám krytu.....	24
4.2 Plášť rámu krytu a těsnění .....	24
4.2.1 Přepážka mezi bloky.....	25
4.2.2 Izolace.....	25
4.3 Návrh systému potrubí a regulace.....	26
4.3.1 Systém potrubí .....	27
4.3.2 Regulace .....	28
4.4 Stojan .....	29

4.4.1	Výpočet reakcí .....	30
4.4.2	Výpočet šroubového spoje .....	31
	Diskuze .....	34
	ZÁVĚR .....	35
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	36
	Seznam použitý zkratk, symbolů a veličin .....	37
	Seznam obrázků a grafů .....	38
	Seznam příloh.....	39

## ÚVOD

---

V dnešní době se začíná rozšiřovat zájem o vývoj technologií, které by dokázaly zpracovat popílek za co nejnižší náklady. Jedna z možností je zpracování popílku na spékacím roštu a jeho následné využití v průmyslu.

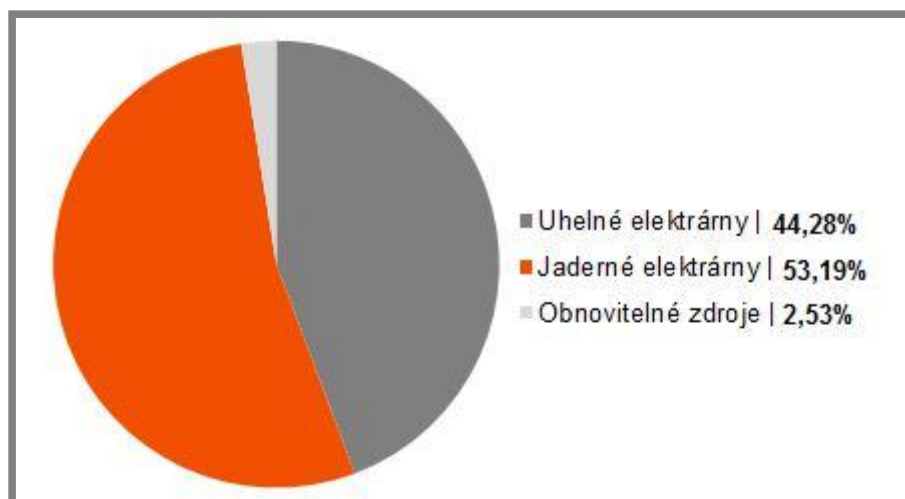
Spékací rošt je zařízení, ve kterém dochází k vypalování umělého kameniva. Do spékacího roštu se vkládá vsázka ze spékaných popílků. Z této vsázky se po vypálení, které probíhá za vysokých teplot, vypálí umělé kamenivo. Základní typ aglomeračního roštu se vyrábí bez pohyblivých bočnic. U tohoto typu vznikají mezery v místě styku vsázky s bočnicemi. Tento problém byl řešen finančně náročnější variantou s pohyblivými bočnicemi. Optimálním zařízením je karuselový spékací rošt. Výroba těchto zařízení napomáhá k likvidaci popílku, který vzniká při spalování uhlí v teplárenských a elektrárenských kotlích. Velkou nevýhodou při spékání vsázky z popílku je uvolňování prachu do ovzduší. Tento prach znečišťuje životní prostředí a snižuje viditelnost ve výrobní hale. Hlavním cílem této práce je navržení krytu po obvodu aktivní části karuselu, který by zabránil úniku malých částic do ovzduší.

## 1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

V rámci této bakalářské práce je řešen odsávací systém nad karuselovým spékacím roštem. Tento odsávací systém slouží pro odvod spalín, které vznikají při provozu karuselu. Pro návrh správného řešení je potřeba znát možné varianty odsávacích zařízení, které jsou dostupné na trhu. Způsoby provedení těchto systémů jsou různé a zabývá se jimi několik firem.

Vzhledem k tomu, že při návrhu řešení musí být zohledněno i těsnění tohoto systému, tak jsou v této kapitole uvedeny různé způsoby, jak zabránit úniku zplodin mimo kryt.

Odsavač v tomto případě slouží k prosávání vzduchu vsázkou a k odsávání prachu ze zařízení, které slouží pro výrobu umělého kameniva. Jedná se o prach z popílku, který se tímto způsobem zpracování stává dále použitelným. Vzhledem k tomu, že výroba elektrické energie je v České republice ve značné míře vyráběna tepelnými elektrárnami, tak dochází k velké produkci této suroviny. V roce 2012 byl podíl těchto elektráren na trhu 44,28%. Při práci těchto elektráren je spalováno velké množství uhlí.



Obr. 1 Graf zdrojů použitých pro výrobu elektřiny [1]

### 1.1 Odsávací zařízení

V dnešní době existuje více způsobů, jak lze znečištěný vzduch odsávat a následně filtrovat. Na trhu působí několik firem, které se řešením těchto systémů zabývají. Tyto společnosti vyrábějí odsávací zařízení určená pro velkou škálu aplikací. Rozdíly jsou nejen v jejich velikostech, ale také v maximálním podtlaku. Důležitým parametrem těchto zařízení je velikost částic, které dokážou zachytit. Některá jsou určena k filtraci chemikálií, prachu nebo i horkého média.

V následujících bodech jsou uvedeni někteří výrobci odsávacích zařízení a následně je popsán jejich produkt. Jedná se o společnosti:

- Ergo plan
- Tigemma strojírenství
- Nederman

### 1.1.1 Odsávací zařízení společnosti Ergo plan

1.1.1

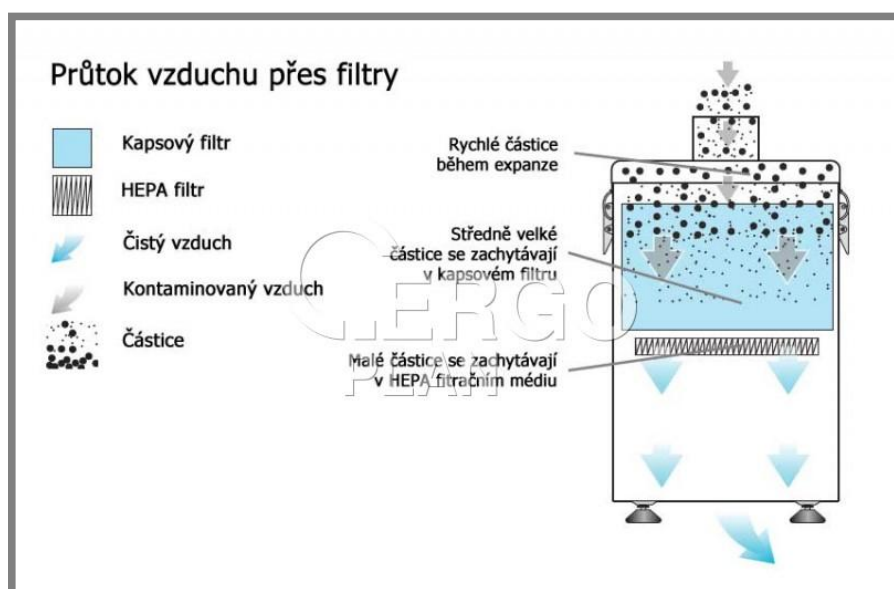
Společnost Ergo plan vyrábí více druhů odsávacích zařízení. Jejich hlavní výhodou je velká účinnost filtračních systémů. Tyto systémy dosahují účinnosti až 99,997% při velikosti částic 0,3 mikrony. Tuto účinnost zajišťují použitím filtru HEPA. Tyto filtry jsou tvořeny vlákny, která jsou náhodně uspořádána.[2]

Od této společnosti jsou na trhu filtrační systémy, určené pro různé aplikace jako laserová zařízení, zubní průmysl, ale i odsavače zplodin v prašném prostředí. Zařízení jsou vyráběna pro nepřetržitý provoz. [3]

Principem filtračního zařízení je nasání vzduchu, který prochází přes kapsový filtr, kde se zachytí větší částice. V další části zařízení prochází znečištěný vzduch přes HEPA filtr, kde dojde k odloučení menších částic. [3]



Obr. 2 Odsávací zařízení společnosti Ergo plan [3]



Obr. 3 Princip odsávacího zařízení [3]

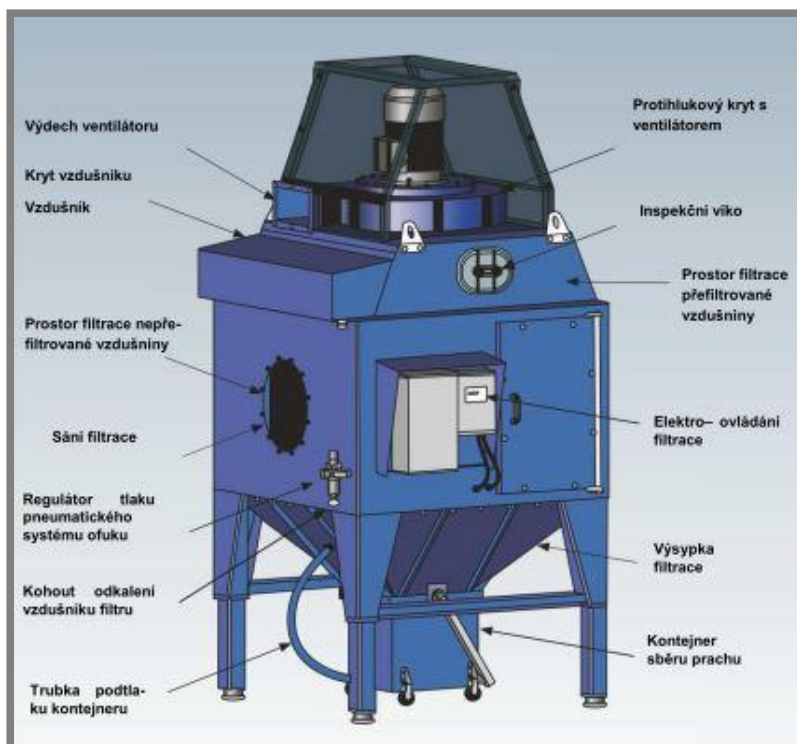
### 1.1.2 Odsávací zařízení společnosti Tigemma strojírenství

Odsávací zařízení slouží k odsávání a filtraci většiny typů prachů. Velkou výhodou tohoto zařízení je řídicí jednotka, která vyhodnocuje rozdílný tlak a na základě tohoto údaje řídí celý cyklus čištění. [4]

Odloučení nečistot z nasávaného vzduchu dochází pomocí filtračních patron, ve kterých je použit filtr z velmi kvalitních materiálů. Jedná se o materiál z polyesteru s PTFE membránou. [4]



Obr. 4 Odsávací zařízení společnosti Tigemma[4]



Obr. 5 Popis zařízení společnosti Tigemma[4]

### 1.1.3 Odsávací zařízení společnosti Nederman

1.1.3

Tento systém odsávání je vhodný pro použití v místech, kde dochází k produkci horkých plynů. Čištěný vzduch prochází přes několik filtrů. V tomto zařízení se používají kapsové filtry, na které se nečistoty usazují. Poté dochází ke sklepní nečistot do zásobníku. Znečištěný vzduch může mít až 250°C. Společnost nabízí velký výběr odsávacích ramen, která umožňují odsávat i plyny s vyšší teplotou. Výhodou použití těchto ramen je, že umožňují lepší manipulovatelnost při čištění a údržbě. Také jsou vhodná pro použití na místech, kde se odsávané zařízení pohybuje, případně vibruje. [5]



Obr. 6 Odsávací zařízení společnosti Nederman [5]



Obr. 7 Odsávací rameno společnosti Nederman [5]

## 1.2 Těsnění a mazání

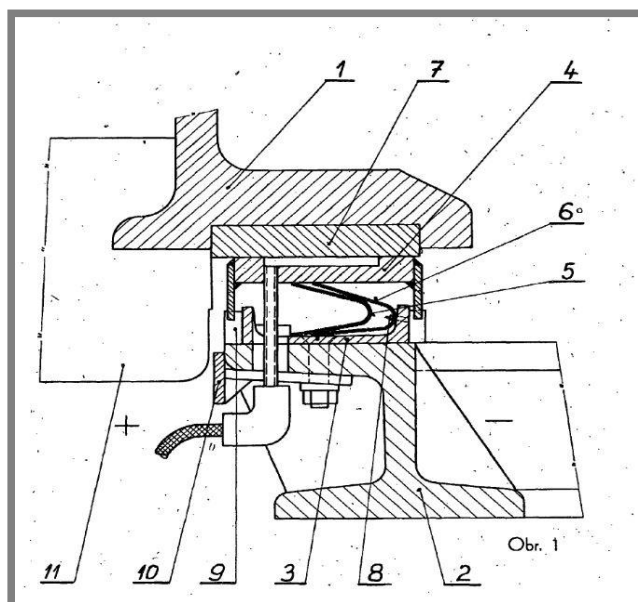
1.2

Důležitou součástí řešení odsávání spalin je těsnění mezi krytem a bočnicemi. Aby bylo dosaženo maximální účinnosti těchto odsávacích zařízení, je důležité zvolit vhodný způsob těsnění celého zařízení. V minulosti tato problematika již byla řešena několika způsoby.

## 1.2.1

**1.2.1 Těsnění za pomoci pružin**

Tento typ těsnění řeší únik zplodin za pomoci pružin, které přitlačují kluzné lišty odsávacích komor ke kluzným lištám roštových vozíků. Mezi roštovými vozíky 1 aglomeračního pásu a přírubou odsávacích komor je pružinové těsnění, které je tvořeno ložem 3 pružin a kluznými lištami 4, přitlačovanými ke kluzným lištám 7 roštových vozíků 1 dvěma řadami plochých tvarových pružin 5 a 6 vzájemně do sebe vložených. Délka kluzových lišt 4 je menší než délka kluzných lišt 7 roštových vozíků 1. Ploché tvarové pružiny 6 jsou uspořádány tak, že jsou uloženy vedle sebe a proti posuvu zajištěny pojistkami 8 upevněnými na loži 3 pružin. Ploché tvarové pružiny 5 jsou svými konci do sebe zasunuty. Délka plochých tvarových pružin 5, 6 je menší než délka kluzných lišt 4. Kluzné lišty 4 jsou proti posuvu zajištěny zámkem 9 a přesahují profil lože 3 pružin, čímž vytvářejí krabici labyrintu plochých tvarových pružin 5 a 6. Takto vytvořená krabice je před mechanickým poškozením náboji 11 roštových vozíků 1 chráněna odtlačnými lištami 10 upevněnými k přírubám odsávacích komor 2. [6]



Obr. 8 Těsnění pomocí pružin [6]

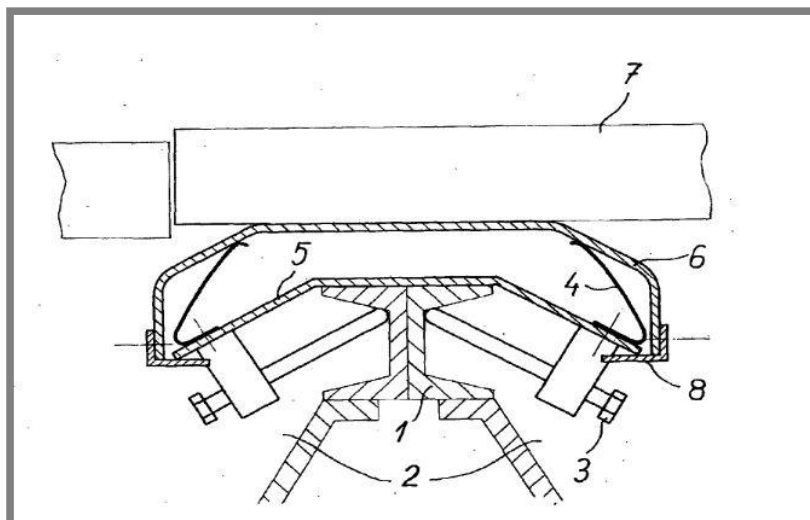
- |                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. Roštový vozík            | 7. Kluzná lišta          |
| 2. Příruba odsávacích komor | 8. Pojistka proti posuvu |
| 3. Lože pružin              | 9. Zámek                 |
| 4. Kluzná lišta             | 10. Odtlačná lišta       |
| 5. Plochá tvarová pružina   | 11. Náboj                |
| 6. Plochá tvarová pružina   |                          |

## 1.2.2

**1.2.2 Těsnění pomocí vertikálně pohyblivého plechu**

Podstata vynálezu spočívá v tom, že sestává z vertikálně pohyblivého plechu tvaru stříšky, uloženého na pružném členu upevněného k předělu odsávacích komor. Pružný člen může být uchycen k nosiči, který je shodného tvaru s prahem a je upevněn k příčnému předělu odsávacích komor. Proti nadměrnému vertikálnímu nadzvednutí je práh opatřen zářezky, které dosedají na nosič pružných členů. [7]





Obr. 9 Těsnění pomocí vertikálně pohyblivého plechu [7]

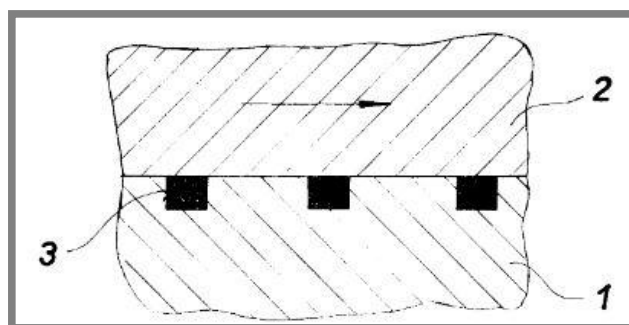
- |                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| 1. Předěl             | 5. Nosič                   |
| 2. Odsávací komory    | 6. Vertikálně posuvný práh |
| 3. Rozpínací šroub    | 7. Vozík                   |
| 4. Stlačující pružina | 8. Zarážka                 |

### 1.2.3 Těsnění pomocí mazacích lišt

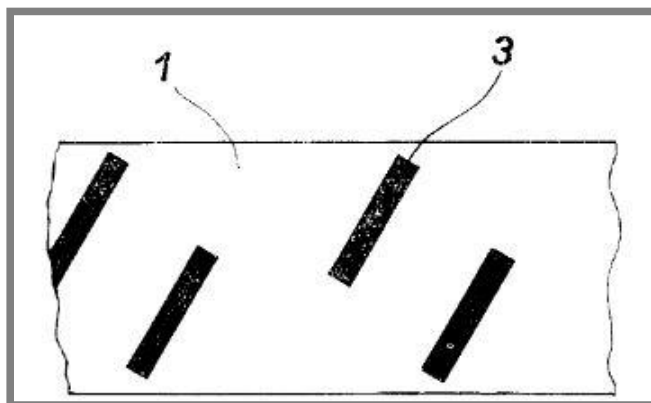
1.2.3

Podstatou tohoto návrhu je mazání pevným mazivem. Toto pevné mazivo je jednorázově vloženo do těsnících lišt aglomeračního pásu ve formě tělísek z materiálu s dobrými mazacími vlastnostmi (sirník molybdeničitý, grafit) tak, že rovina horní plochy tělísek je totožná s rovinou třecí plochy těsnících lišt. [8]

Navrhovaným zařízením je jednak zajištěno technicky dokonalé mazání, neboť nečistoty, které spadnou na kluzné lišty vozíků při jejich pobytu ve spodní větvi pásu, jsou při přechodu vozíků do horní větve pomocí rázu setřeseny. Tomu napomáhá hladký povrch lišt, jehož póry jsou zaplněny tuhým mazivem. Nově navrhované zařízení tak podstatně snižuje abrazi a zvyšuje životnost kluzných a těsnících lišt aglomeračního pásu. Dalšími výhodami je zajištění mazacích schopností i za vysokých teplot, které při spékání vznikají, úspora maziva, podstatné snížení nutné údržby, zjednodušení zařízení a snížení jeho zranitelnosti na minimum, což právě v podmínkách hutních provozů je důležitým faktorem. [8]



Obr. 10 Podélný řez třecími plochami [8]



Obr. 11 Půdorysný pohled příkladného provedení třecí plochy [8]

1. Těsnicí lišta
2. Kluzná lišta
3. Tělísko pevného maziva

## 1.3

**1.3 Aglomerační rošt a princip jeho funkce**

Základní typ aglomeračního roštu se skládá z pohyblivého pásu o šířce 1m a přibližné délce 20m. Tento typ se vyrábí bez pohyblivých bočnic a dochází pouze k pohybu roštu. V tomto případě dochází k odírání vsázky o nepohyblivé bočnice a to vede ke vzniku mezer.

Investičně náročnější je aglomerační rošt s pohyblivými bočnicemi. Nevýhodou je zvýšení nákladů na údržbu zařízení, ale nedochází ke vzniku mezer vlivem tření o bočnice.

Zvláštní způsob, jak lze vypálit kamenivo, je na karuselovém spékacím roštu. Tento typ roštu má pohyblivé bočnice, proto nevznikají mezery. Princip zapálení a následného prosávání je stejný jako u aglomeračních roštů.

## 1.3.1

**1.3.1 Karusel**

V rámci této bakalářské práce se bude řešit pouze rošt karuselového typu, na kterém dochází k vývoji výroby umělého kameniva. Tento karusel má jako základní rozměr 5,6 m na vnějším průměru a 3 m na vnitřním průměru. Výška bočnic je 500 mm. Celková výška karuselu od země po vrchní část bočnice je 1870 mm. Celý karusel se skládá z pevné části karuselu a otočné části karuselu. Pevná část je svařovaná konstrukce, která má na vnější a vnitřní straně roštu umístěné podpěrné nohy. Tyto nohy jsou nastavitelné, aby bylo možné karusel srovnat do vodorovné polohy, a posléze jsou pevně přišroubovány do betonového základu. Ve středu rámu je umístěna jedna podpěrná noha, kolem které se celý karusel otáčí. Všechny tyto části se nazývají pevná část karuselu.

Otočná část karuselu je položena na rám. Po celém jejím obvodu jsou umístěna ložiska, která se odvalují po kolejnici, která je součástí rámu.

Rošt karuselového typu má bočnice ze žáruvzdorného materiálu, který odolává vysokým teplotám. Na rošt se pokládá vsázka, která se skládá ze tří vrstev. První je podsypová, což je již vypálené kamenivo, které zabrání propadávání popílku. Druhá vrstva je popílek v podobě směsi jednoho, či více popílků a vody, ze kterého se vypaluje

umělé kamenivo. Voda slouží jako pojivo pro vytváření granulí. Poslední vrstva je zápalná. Ta umožňuje zapálení vsázky.

Celý karusel je rozdělený na tři základní části. První část má úhel  $10^\circ$  a probíhá tam zapálení vsázky pomocí plynového hořáku. Druhá část má úhel  $180^\circ$  a nazývá se aktivní. V této části dochází k prosávání vsázky a jejímu spékání. Pod aktivní částí jsou umístěny odsávací komory, které prosávají vsázku. To zaručí, že prohoří celá vrstva. Třetí část se nazývá pasivní. Zde dochází k vypadávání vsázky a následné nasypání nové vsázky. Celý proces tak funguje kontinuálně, bez nutnosti zastavování procesu. Karusel se bude vypínat pouze na nutné údržby a změny vsázky.



Obr. 12 Prototyp karuselu [9]

### 1.3.2 Umělé kamenivo

1.3.2

---

Umělé kamenivo se vypaluje z popílku. Vypalování probíhá nejčastěji na aglomeračním roštu. Tento rošt je pohyblivý a pomocí násypky je na něj umístěna vsázka, která je poté zapálena shora pomocí hořáku. Teplota při zapálení může dosáhnout  $1200^\circ\text{C}$  až  $1300^\circ\text{C}$ . Pod tímto roštem jsou po celé délce umístěny odsávací komory, které umožňují zapálení vsázky a její následné prosávání.

### 1.3.3 Popílek

1.3.3

---

Popílek je anorganická zplodina, která vzniká při spalování práškového antracitu, hnědého nebo černého uhlí. Jeho prachové částice jsou z kouřových plynů odlučovány elektrostaticky nebo mechanicky.

V minulosti byl popílek považován za odpad. V dnešní době se zjistilo, že jeho dobré vlastnosti lze využít ve stavebnictví. Pro jeho dobré vlastnosti a nízkou cenu se tedy používá nejen při výrobě umělého kameniva, ale také jako přísada do betonů, při výrobě cementu. Lze jej také použít při výrobě cihel.

## 2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

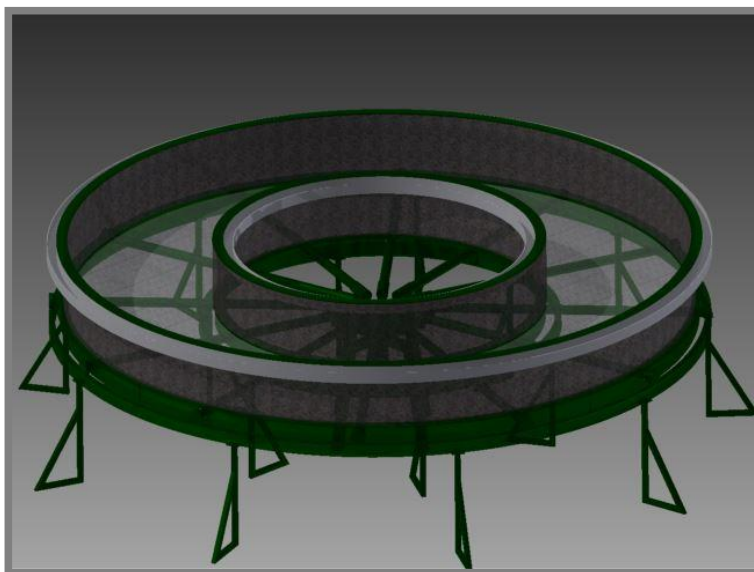
V této bakalářské práci bude řešen návrh konstrukčního řešení systému pro odsávání spalin nad karuselovým spékacím roštem, pomocí kterého bude možné nastavovat podtlak ovlivňující prohořívání vsázky.

V rámci kapitoly 1 bylo uvedeno několik firem, které vyrábějí odsávací systémy. Proto při jeho volbě bude možné vybírat z více systémů a bude snadnější zvolit systém, který bude splňovat všechny požadavky.

Již v minulosti bylo řešeno, jak izolovat aglomerační rošty. V 1. kapitole je uvedeno několik z těchto možností, jak izolovat kryt. Jednotlivé způsoby se svým provedením výrazně liší. Nevýhodou těchto izolačních systémů může být značná složitost montáže.

V rámci této práce jsou řešeny tyto hlavní parametry:

- Těsnění celého krytu
- Konstrukční návrh
- Možnost regulace odsávání
- Návrh systému potrubí



Obr. 13 Model karuselu

Výstupem řešené problematiky budou 3D model a výkresová dokumentace.

### 3 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ

3

Při řešení konstrukčního návrhu byly vybrány tři možné přístupy. V první variantě řešení byla konstrukce krytu zavěšena na lana, u druhé varianty byl tento kryt připevněn ke stojanu a u poslední varianty byl využit okraj karuselu a rám byl na něj položen. Z těchto návrhů byla vybrána varianta, která optimálně řeší požadované cíle.

#### 3.1 Varianta se zavěšenou konstrukcí

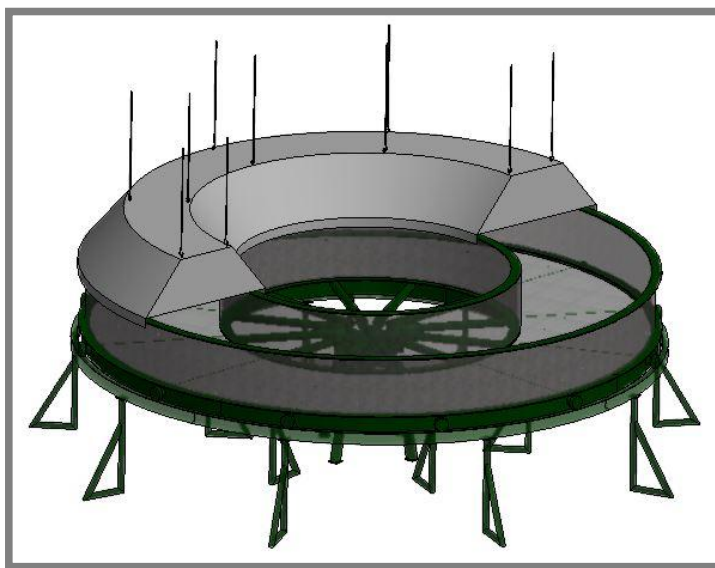
3.1

Nosná konstrukce krytu je tvořena svařenými profily, které kopírují tvar karuselu. Tato varianta má konstrukci tvořenou jedním celistvým svarkem. Plášť je tvořen plechy, které jsou namontovány na tuto konstrukci. Aby bylo zamezeno úniku zplodin do ovzduší haly, jsou tyto plechy protaženy přes okraj karuselu tak, aby byla mezera mezi plechy rámu a karuselem co nejmenší.

Po obvodu karuselu jsou v krytu umístěna odklápěcí víka, která umožňují sledování vsázky během výpalu. Dále jsou po celém obvodu navařena oka. Ta slouží k přichycení lan, na kterých je celá váha krytu pověšena. Druhé konce lan jsou přichyceny ke stropu haly.

Aby byla umožněna i údržba celého zařízení, jsou na laně umístěny motory, které slouží ke zvedání celého rámu a tím je vytvořen prostor pro personál.

Při zavěšení celého rámu na lano může dojít k jeho pohybu rozhoupáním a následnému narážení do zařízení. Aby se tomuto pohybu zabránilo, jsou do země přišroubovány vymezující tyče. Rám k těmto profilům není přišroubován ani přivařen. Tyto tyče slouží pouze k zachycení případných nárazů.



Obr. 14 Kryt zavěšený nad karuselem

#### 3.2 Varianta skládající se z více částí a upevněna na stojan

3.2

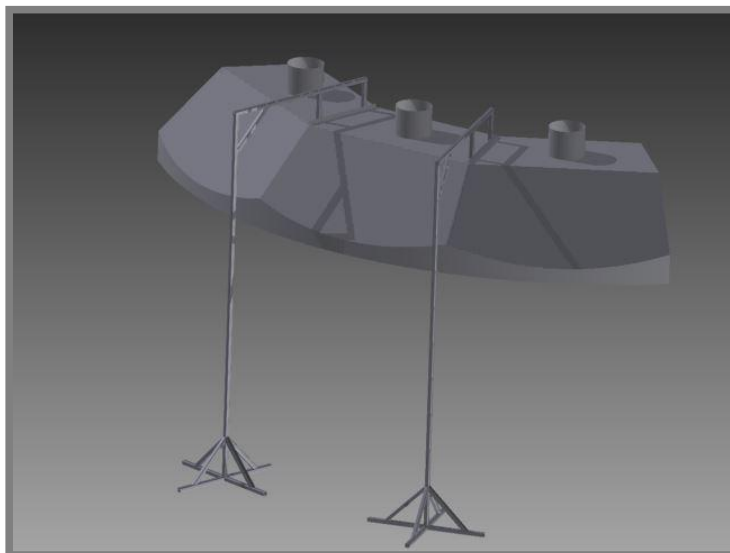
V rámci druhé varianty je kryt zakrývací aktivní část rozdělen do několika bloků. Tyto bloky jsou stejné a navzájem na sebe navazují. Při napojení těchto bloků na sebe kopírují tvar zařízení.

Každý blok se skládá ze svařovaného rámu, který má tvar výseče karuselu. Na tento rám jsou našroubovány plechy. Dále je na rám namontován pás plechu, který slouží k uchycení tohoto krytu ke stojanu.

Stojan je opět navržen jako svarek. Jeho úkolem je zachytit váhu celého krytu. Stabilitu zajišťují šrouby, které jsou zapuštěny do podlahy.

V horní části bloku je umístěn potrubní díl, který slouží k napojení systému potrubí. Je v něm umístěna i klapka, kterou lze regulovat podtlak.

Aby nedocházelo k úniku prachu do okolí, je na obvod karuselu umístěné pískové lože.



Obr. 15 Kryt upevněný na stojanech

3.3

### 3.3 Varianta s konstrukcí položenou na karuselu

Při řešení této varianty je použit podobný rám jako u druhé varianty, ale v rámci této varianty je na konstrukci připevněno ložisko. Toto ložisko se při rotaci zařízení odvaluje po okraji karuselu, který je tvořen silným pásem plechu.

Stejně jako u minulých variant řešení jsou na rámu přimontovány plechy, na které jsou namontovány potrubní díly.

Aby docházelo k odvalování a kryt se nepohyboval spolu s karuselem, je ke konstrukci přivařen profil, který je přišroubován k podlaze.

3.4

### 3.4 Výběr vhodné varianty

Ze tří popsaných variant byla vybrána ta varianta, která nejlépe splňuje zadání této bakalářské práce. Při výběru byla zohledněna možnost variability při montáži, snadná přeprava, montáž a hlavně funkčnost. Důležitým faktorem ovlivňující výběr byla i možnost instalovat tento systém v co největším počtu provozoven.

3.4.1

#### 3.4.1 Varianta se zavěšenou konstrukcí

Velkou výhodou této varianty je, že při montáži nenastanou velké problémy v případě, že dojde k nepřesnostem při výrobě. Při uchycení této konstrukce není potřeba vrtat do podlahy haly.

Při pravidelné údržbě tato konstrukce umožňuje komfortní přístup přímo na rošt. Jelikož jsou lana připevněna na motory, může dojít k snadnému zvednutí celé konstrukce do potřebné výšky, která je omezena pouze výškou stropu.



Během montáže v hale může nastat problém v případě, že v hale není vhodná výška stropu, případně když nebude strop uzpůsoben k uchycení těchto lan, nebo když konstrukce haly není vhodně uzpůsobena k zachycení váhy tohoto krytu.

Dalším nedostatkem je špatné těsnění, které neumožní ani regulaci tlaku, ale může také docházet k úniku zplodin do okolí.

### **3.4.2 Varianta skládající se z více částí a upevněna na stojan**

3.4.2

---

U této varianty dochází k nejlepší izolaci díky pískovému loži, které zachytí unikající prach. Aby bylo dosaženo co nejsnadnější montáže, byl celý kryt rozdělen na menší bloky, které zaručí snadnější manipulaci. Díky tomuto rozdělení dochází i k pohodlnější přepravě.

Výhodou je, že tato varianta nepřenáší svou váhu na samotný karusel. Nevýhodou se může stát fakt, že tuto konstrukci je potřeba upevnit do podlahy.

### **3.4.3 Varianta s konstrukcí položenou na karusel**

3.4.3

---

Při použití této konstrukce dojde k nejmenšímu zásahu do okolí karuselu. Není potřeba žádných lan upevněných na stropu ani není nutné uchycení v podlaze. Celá tato konstrukce je umístěna přímo na karuselu. Na straně je pouze umístěn profil, na který je tento kryt přivařen, aby nedocházelo k jeho pohybu.

U tohoto řešení jsou použita ložiska, která zajišťují odvalování po obvodu karuselu. Právě tato ložiska jsou velkou nevýhodou. Jelikož při provozu je dosahováno vysokých teplot, tak to klade velké požadavky právě na ložiska, která musí odolat vysokým teplotám. Problémem je při těchto teplotách mazání, které je ještě ztíženo nesnadným přístupem.

### **3.4.4 Výběr vhodné varianty**

3.4.4

---

Jako vhodné řešení byla zvolena varianta skládající se z více částí a upevněna na stojan. Tato varianta byla vybrána z důvodů, že její konstrukce umožňuje snadné skládání po jednotlivých blocích, nejvhodnější těsnění a v neposlední řadě i možnost snadnější přepravy. U varianty se zavěšenou konstrukcí nebylo možné umístit vhodné těsnění. Při použití varianty s konstrukcí položenou na karusel by bylo možné těsnění pomocí pískového lože, ale váha krytu by zbytečně zatěžovala konstrukci karuselu. Důležitým faktorem, kvůli kterému nebyla tato varianta aplikována, byla nutnost použít ložiska.

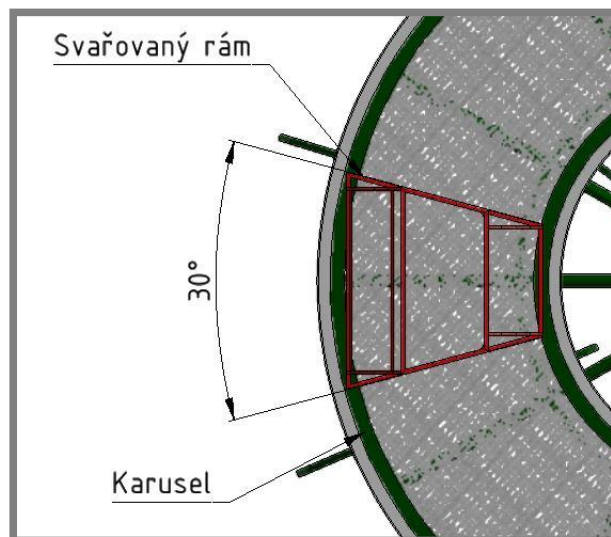
## 4 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Vybrané konstrukční řešení je navrženo s ohledem na náklady na materiál a také na jeho dostupnost. Při jeho návrhu byla snaha využít i dostupné technologie společnosti, která tento kryt bude vyrábět.

## 4.1

### 4.1 Rám krytu

Jedná se o svařovanou konstrukci, která je umístěna nad karuselem. Konstrukce se nedotýká karuselu. V půdorysu má konstrukce tvar výseče karuselu, která svírá úhel  $30^\circ$ . Tvar je patrný na obr. 16. Tvar byl volen především tak, aby byla umožněna snadná manipulace. Dalším důvodem pro toto řešení je i snadná změna velikosti zakryté části v případě, že by se zjistilo, že při vypadávání vypáleného kameniva dochází k velké prašnosti. V rámci tohoto řešení je zakryta pouze aktivní část, která tuto oblast s vypadáváním nezahrnuje.



Obr. 16 Pohled z půdorysu na rám

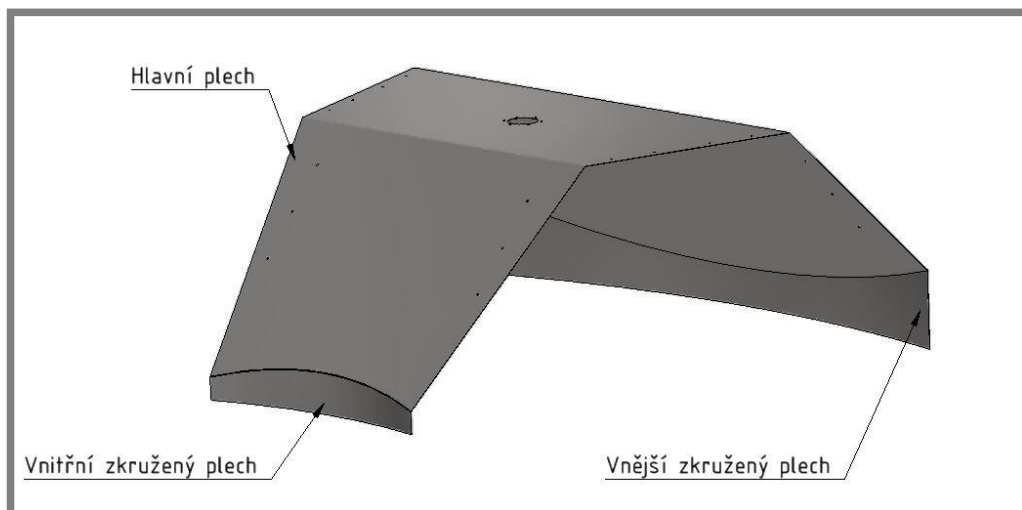
Aby bylo možné jednotlivé bloky k sobě napojit, jsou v profilech vyvrtané díry pro šrouby. V horní části rámu jsou umístěny díry, které slouží k našroubování plechů a také jsou použity k přimontování k nosné konstrukci celého krytu. Díry také slouží k namontování montážního oka, které je při montáži našroubováno do navařovacích matic, které jsou navařeny ve spodní části tohoto rámu. Montážní oka jsou využita při montáži bloků nad karusel.

## 4.2

### 4.2 Plášť rámu krytu a těsnění

Na plášť rámu je použit plech, který je ohýbaný ve tvaru jako má samotný rám. Konce plechu jsou střiženy tak, aby po ohnutí kopírovaly tvar karuselu. Na obou stranách plechu jsou pak navařeny plechy střižené a zkružené tak, aby je bylo možné navařit na hlavní plech.





Obr. 17 Ohýbaný plech krytu s navařenými plechy

Vzhledem k tomu, že při zapálení vsázky se teplota v karuselu pohybuje kolem 1200 °C. Výsledná teplota v potrubí pod aglomeračním roštem při prosávání se pohybuje kolem 200 °C. Tato teplota byla získána při testovacím výpalu přímo na prototypu karuselu. Vzhledem k posunování zapálené vrstvy dle obr. 19 a teplotní vodivosti vypáleného kameniva můžeme říct, že již po 30° (začátek krytování) nebude teplota nad aglomeračním roštem dosahovat příliš vysokých teplot. Bude se pohybovat maximálně do 150°C.

#### 4.2.1 Přepážka mezi bloky

4.2.1

Prohořívání vsázky je umocňováno prosáváním vzduchu. Podle druhu vsázky je potřeba mít v různých částech karuselu odlišný podtlak. Tato možnost byla zohledněna při návrhu krytu a proto je možné mezi vybrané bloky umístit přepážku. Jejím úkolem je oddělit jednotlivé oblasti pod krytem a zajistit tak požadovaný podtlak. Tyto přepážky se montují na jednotlivé bloky ještě před celkovou montáží nad karusel.

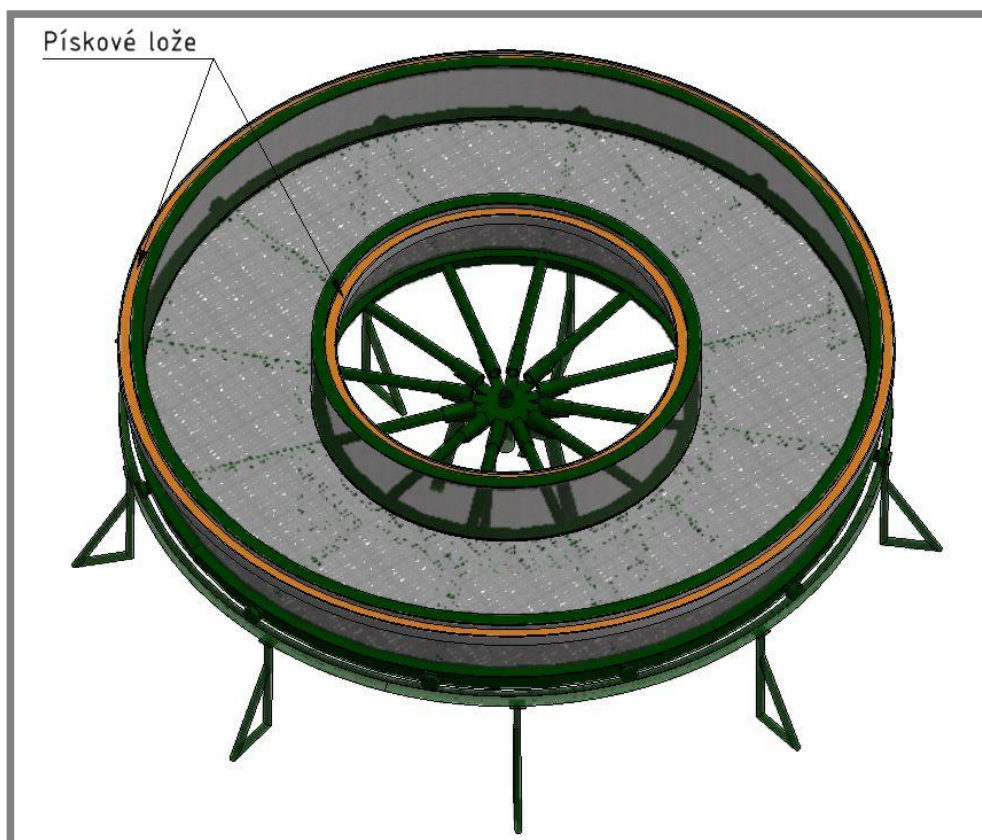
Aby nedocházelo k úniku zplodin v místě, kde dochází k napojení jednotlivých bloků, je po obvodu této přepážky umístěna guma. Tato guma se nasune na okraj přepážky a při montáži bloků dojde vlivem jejího stlačení šrouby k utěsnění všech mezer.

#### 4.2.2 Izolace

4.2.2

Aby nedocházelo k úniku po obvodu krytu, je zde umístěna izolace. Jelikož kryt se neotáčí, ale karusel ano, není možné použít izolační rohož.

V tomto případě je zvoleno řešení za použití pískového lože. Toto lože je umístěno na vnitřním i vnějším obvodu karuselu. V něm je nasypán písek, ve kterém se pohybují plechy, které jsou navařeny na ohýbaný plech. Tímto způsobem je zajištěno, že nedojde k úniku prachu po celém obvodu.



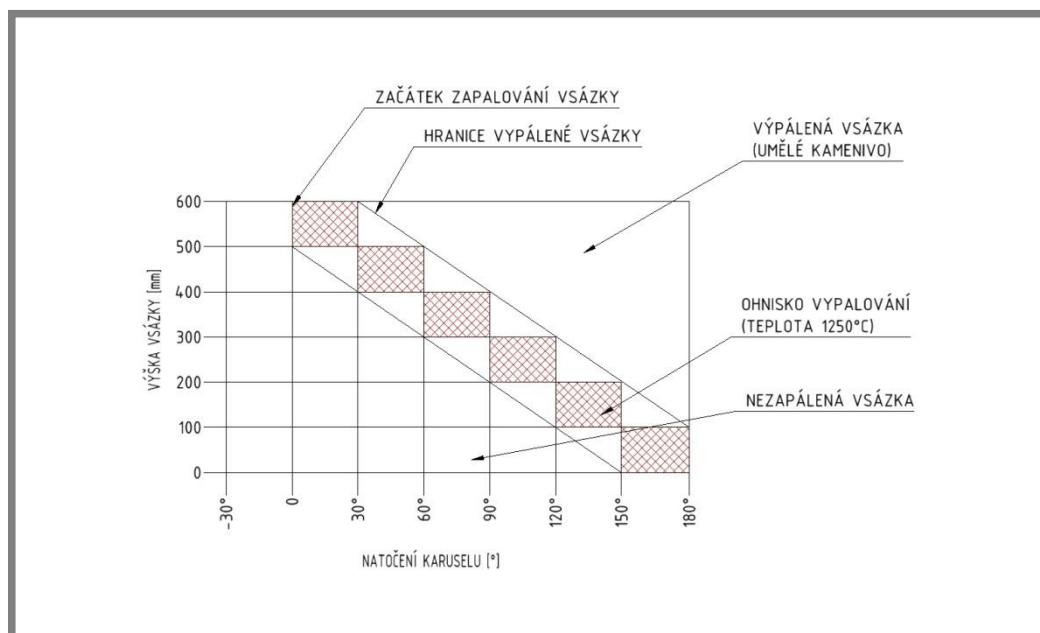
Obr. 18 Pískové lože

## 4.3

### 4.3 Návrh systému potrubí a regulace

Principem výroby umělého kameniva na karuselovém roštu je samovýpal. Na začátku dojde k zapálení vsázky hořákem, ale v dalších fázích již nedochází k dalšímu zapalování. K výpalu dochází díky prosávání vzduchu. To umožňuje zařízení, které je umístěno na konci potrubí připojeného na vany, které jsou umístěné přímo pod karuselem a jejich rozmístění odpovídá rozmístění jednotlivých bloků. Tyto vany jsou již součástí karuselu, proto nejsou v této práci řešeny.

Aby bylo umožněno proudění vzduchu vsázkou, je v plášti krytu umístěné potrubí, kterým je vzduch přiváděn. Pro optimální výpal je potřeba prosát  $84 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$  vzduchu. Při tomto podtlaku dojde k vypálení 1cm vsázky každou minutu. Postup prosávání je znázorněn na obr. 19.

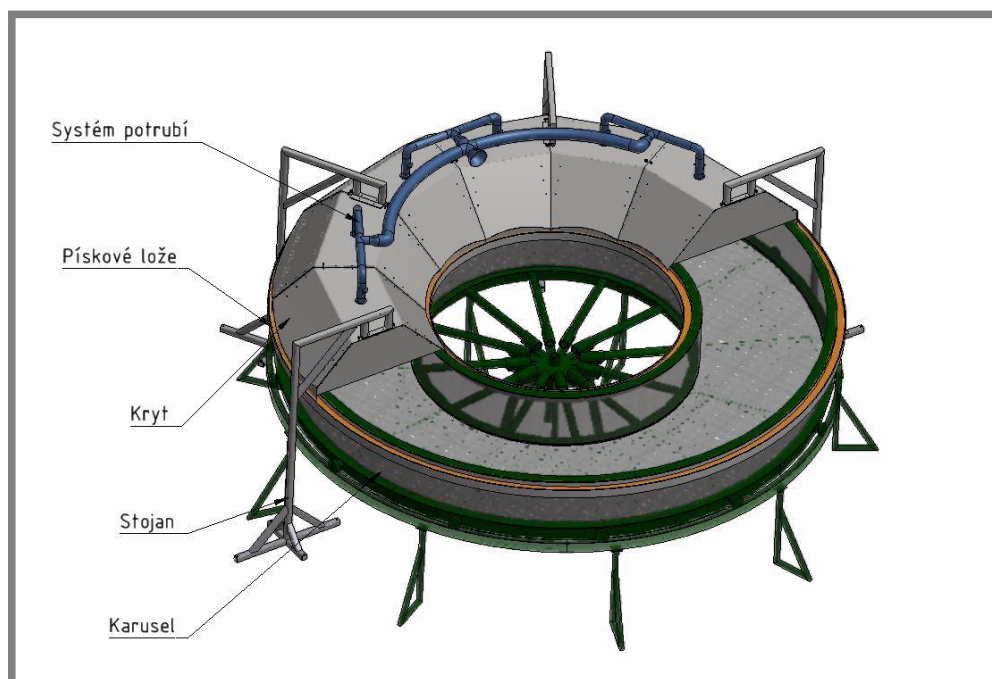


Obr. 19 Postup výpalu

#### 4.3.1 Systém potrubí

4.3.1

Pro přívod optimálního množství vzduchu je na kryt rámu upevněno potrubí. Toto potrubí je vyvedeno z každého bloku a postupně jsou mezi sebou napojována tak, aby na konci byla jedna trubka, kterou je vzduch přiváděn. Potrubí napojené přímo na kryt má vnitřní průměr 0,08 m. Poté jsou svedeny trubky vždy ze dvou bloků do jedné o vnitřním průměru 0,12 m. Vzniklá tři potrubí jsou na závěr svedena do jedné konečné trubky o průměru 0,2 m. Celý systém potrubí je patrný na obr. 20.



Obr. 20 Kryt se systémem potrubí

Výpočet rychlosti proudění a určení průměru potrubí u krytu:

$$\begin{aligned} M_1 &= 0,03 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \\ d_1 &= 80 \cdot \text{mm} = 0,08 \cdot \text{m} \\ S_1 &= \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,08 \cdot \text{m})^2}{4} = 5,026 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} M_1 &= S_1 \cdot w \cdot \rho \\ w &= \frac{M_1}{S_1 \cdot \rho} = \frac{0,03 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}}{5,026 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot 1,2 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} = 4,97 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned} \quad (2)$$

Výpočet průměru potrubí po svedení dvou potrubí o průměru 0,08 m do sebe:

$$\begin{aligned} M_2 &= 0,06 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \\ \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} &= \frac{M_2}{w \cdot \rho} \\ d_2 &= \sqrt{\frac{4 \cdot M_2}{\pi \cdot w \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,06 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}}{\pi \cdot 4,97 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 1,2 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}}} = 0,11317 \cdot \text{m} \end{aligned}$$

Výpočet průměru koncového potrubí:

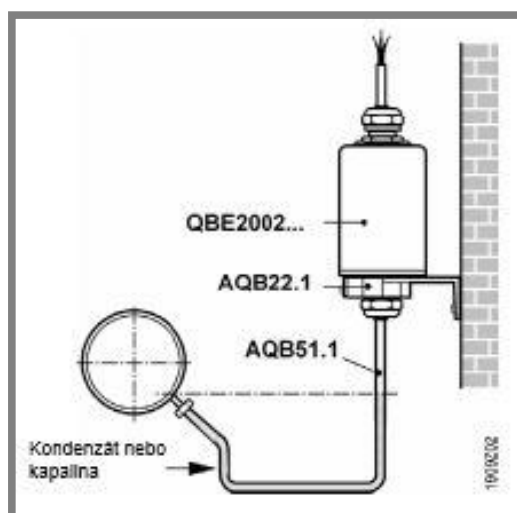
$$\begin{aligned} M_3 &= 0,18 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \\ \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} &= \frac{M_3}{w \cdot \rho} \\ d_3 &= \sqrt{\frac{4 \cdot M_3}{\pi \cdot w \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,18 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}}{\pi \cdot 4,97 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 1,2 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}}} = 0,196 \cdot \text{m} \end{aligned}$$

#### 4.3.2

#### 4.3.2 Regulace

Jak bylo zmíněno v kapitole 4.2.2, existuje více druhů popílků a každý má jiné vlastnosti. Z toho plyne i jiné požadavky na objem vzduchu, který je nutný vsázkou prosávat. Proto je v potrubí umístěna klapka, kterou je možné podle požadavků plynule regulovat průtok vzduchu. Byla vybrána uzavírací klapka SKG společnosti SORKE s.r.o., kterou lze nastavit v rozmezí 0-90°. Pro dokonalé těsnění v uzavřené poloze je klapka opatřena gumovým těsněním. Na klapku je umístěn motor, který dokáže klapku natočit na požadovanou polohu a tuto polohu následně i udržet.

Pro měření tlaku vzduchu je navrženo čidlo značky Siemens s označením QBE2002-P10. Toto čidlo je určeno pro měření v hydraulických a pneumatických systémech. Zařízení měří tlak přímým kontaktem s médiem. Rozsah teplot média, které lze tímto čidlem měřit, je od -40°C do 80°C. Montáž čidla se provádí odděleně (viz obr. 20). Typ čidla a jeho umístění není v rámci této bakalářské práce řešeno. Čidlo značky Siemens je pouze návrh splňující základní parametry, ale volba vhodného čidla je ovlivněna i používaným softwarem.



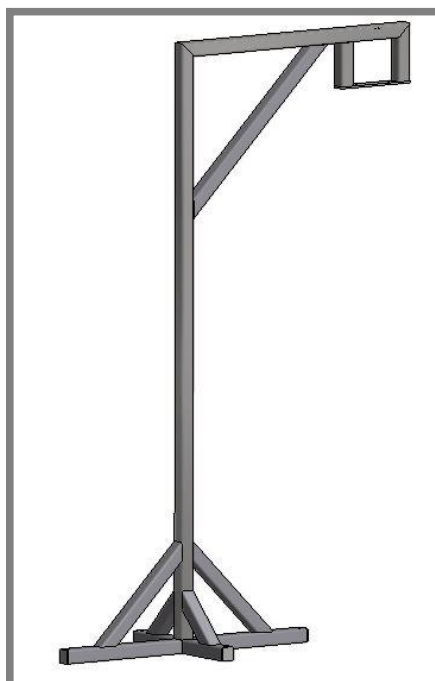
Obr. 21 Oddělená montáž čidla

## 4.4 Stojan

4.4

Nosnou konstrukcí celého systému pro odsávání spalin je stojan. Jedná se o svařovanou konstrukci, kterou tvoří profily čtvercového průřezu 60x60x3. Aby se dosáhlo jeho maximální stability, jsou v kritických místech navařena žebra.

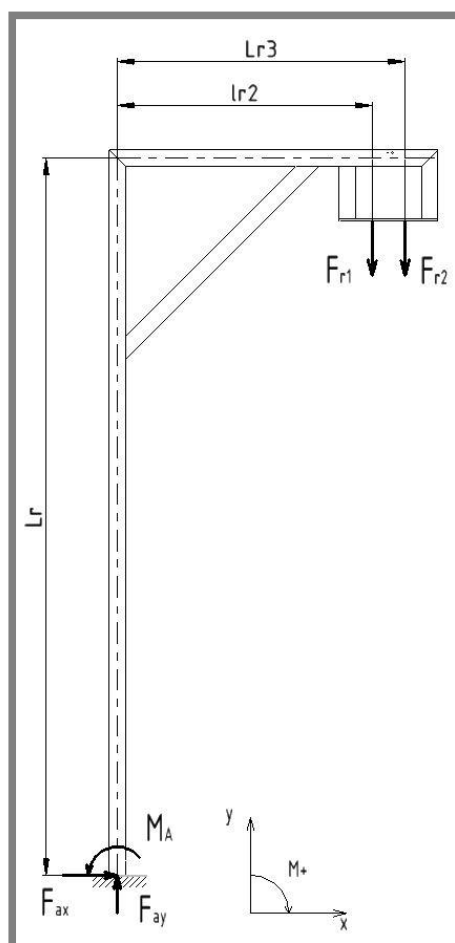
Stojan bude pevně přišroubován do betonové podlahy vedle otáčejícího se karuselu. Tím bude zamezeno naklápění celého stojanu s krytem. Ke spojení stojanu s rámem dojde pomocí šroubů.



Obr. 22 Stojan

**4.4.1 Výpočet reakcí**

Směr působení zatěžujících sil od krytu na rám jsou zobrazeny na obr. 23. Pomocí těchto sil jsou vypočítány reakční síly v místě upevnění stojanu.



Obr. 23 Uvolnění vnějších sil

$$\begin{aligned}
 F_{r1} &= F_{r2} = 400 \cdot N \\
 l_r &= 2620 \cdot mm \\
 l_{r2} &= 930 \cdot mm \\
 l_{r3} &= 1050 \cdot mm
 \end{aligned}$$

$$\sum F_x = 0 \quad (3)$$

$$\sum F_y = 0; F_{Ay} - F_1 - F_2 = 0 \quad (4)$$

$$F_{Ay} = F_1 + F_2 = 400 + 400 = 800 \cdot N$$

$$\sum M_{iA} = 0; F_1 \cdot l_{r2} + F_2 \cdot l_{r3} - M_A = 0 \quad (5)$$

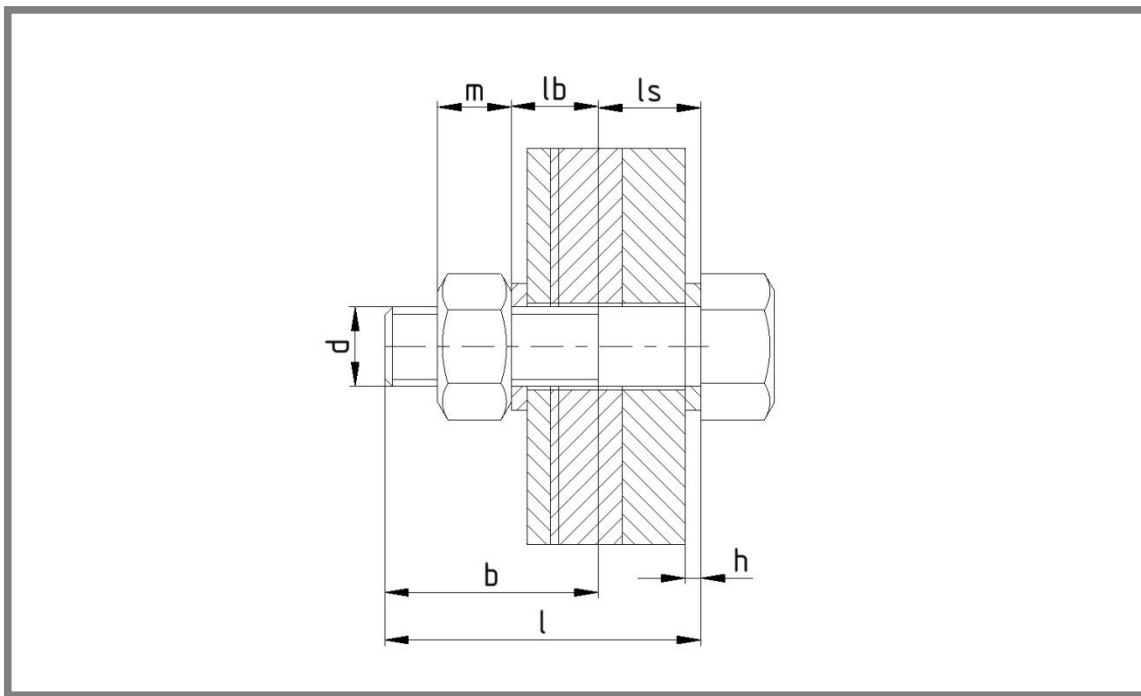
$$M_A = F_1 \cdot l_{r2} + F_2 \cdot l_{r3} = 400 \cdot 930 + 400 \cdot 1050 = 792000 \cdot Nmm$$

Z výpočtů je patrné, že v místě vetknutí působí síla pouze v ose y a to o velikosti 800 N a moment o velikosti 792 kN·mm.

### 4.4.2 Výpočet šroubového spoje

Ke stojanu jsou připevněny jednotlivé bloky pomocí šroubů velikosti M10. Aby nedošlo k deformaci nebo úplnému zlomení šroub při zatížení každého šroubu silou o velikosti 392,4 N, je nutné spočítat jejich bezpečnost.

Na obr. 24 jsou znázorněny jednotlivé vzdálenosti, které jsou potřeba pro tento výpočet.



Obr. 24 Zakótování rozměrů šroubového spoje

**Bezpečnost šroubového spoje mezi stojanem a krytem:**

$$l_s = l_x + h = 20 + 2 \cdot 2 = 24 \cdot mm \quad (6)$$

$$l = l_s + m + 2 \cdot p = 24 + 9,3 + 2 + 2 \cdot 1,5 = 36,3 \cdot mm \quad (7)$$

L upravené podle normalizovaných délek šroubů  $l = 40 \cdot mm$

$$b = 2 \cdot d + 6 = 2 \cdot 10 + 6 = 26 \cdot mm \quad (8)$$

$$l_g = l - b = 40 - 26 = 14 \cdot mm \quad (9)$$

$$l_b = l_s - l_g = 24 - 14 = 10 \cdot mm \quad (10)$$

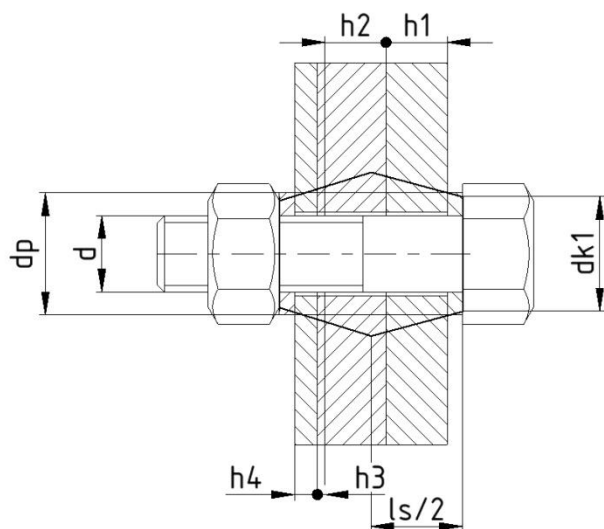
$$S_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 78,54 \cdot mm \quad (11)$$

Výpočtový průřez šroubu:  $A_s = 58 \cdot mm^2$

$$k_s = \frac{S_d \cdot A_s \cdot E}{S_d \cdot l_b + A_s \cdot l_g} = \frac{78,54 \cdot 58 \cdot 2 \cdot 10^5}{78,54 \cdot 10 + 58 \cdot 19} = 570,34 \cdot kN \cdot mm^{-1} \quad (12)$$

Tuhost

$$k_p = \frac{(0,5774) \cdot \pi \cdot E \cdot d}{\ln \frac{(1,155 \cdot h + D_k - d) \cdot (D_k + d)}{(1,155 \cdot h + D_k + d) \cdot (D_k - d)}} \quad (13)$$



Obr. 25 Tuhost pomocí komolých kuželů

Tab.1 Výpočet tuhosti spojovaných součástí

Spojované součásti	$D_k [mm]$	$h [mm]$	$k_p [kN \cdot mm^{-1}]$
1	15	2	12,45
2	17,3	8	6,89
3	26,54	2	52,25
4	21,91	6	13,84
5	20,76	1	55,73
6	17,3	3	13,49
7	15	2	12,45

$$d = 10 \cdot mm$$

Tuhost spojovaných součástí

$$k_p = 2,04 \cdot 10^3 \cdot kN \cdot mm^{-1}$$

$$C = \frac{k_s}{k_s + k_p} = \frac{570,34}{570,31 + 2,04 \cdot 10^3} = 0,218 \quad (14)$$

Velikost předpětí šroubu

$$F_i = 0,75 \cdot R_e \cdot A_s = 0,75 \cdot 450 \cdot 58 = 19,757 \cdot kN \quad (15)$$



## Bezpečnost

$$n = \frac{R_e \cdot A_s - F_t}{C \cdot F_p} = \frac{450 \cdot 58 - 19,757}{0,218 \cdot 0,3924} = 304878 \quad (16)$$

Z výpočtů vyplývá, že bezpečnost je dostatečně vysoká a šrouby toto zatížení vydrží. Při výpalu může ale dojít i k nárazům do celého rámu. Počítá se i s tím, že se obsluha při kontrole vypadávání nebo zapalování vsázky může o kryt karuselového aglomeračního roštu opřít. Z těchto důvodů byl ponechán šroub velikosti M10 a nebyl volen menší průměr šroubu, který by byl dostačující pro zatížení jenom od krytu, ale nebylo by zaručené, že vydrží další zatížení.

## DISKUZE

---

Při vypalování kameniva na karuselovém spékacím roštu, který vyvíjí firma Svoboda a syn s.r.o, byly již na prvních zkušebních výpalech zjištěny nedostatky. Jedním z problémů je zabránění prašnosti. Proto vznikl požadavek navrhnout nějaké zařízení, které by se dalo odzkoušet v praxi a vyřešilo by tak nedostatky zachycením zplodin, unikajících do výrobní haly.

Cílem bakalářské práce bylo zpracování samostatného zařízení pro odvod spalin, které by bylo možné vyrobit za rozumnou cenu a použít na stávající prototyp karuselového spékacího roštu. Při návrhu se řešilo několik problémů, jako upevnění krytu nad karusel, kde byl problém především s těsněním problematické části. To se nakonec podařilo vyřešit pomocí takzvaného „pískového lože“, které se již úspěšně osvědčilo na spodní části karuselu. Jeden z požadavků byl navrhnutí odsávacího potrubí, které by bylo schopno zaznamenávat tlakovou ztrátu a reagovat na případné změny vlivem propadu vsázky a vzniku spečenců ve vsázce. Problém byl řešen pomocí jednoduché klapky, umístěné v potrubí, která se pomocí servomotoru natáčí. Samotné zařízení se skládá z jednotlivých bloků, které lze skládat za sebe a tím pádem není celé zařízení příliš těžké pro montáž.

V současné době se na karuselovém spékacím roštu řeší způsob vypadávání vypáleného kameniva. Během tohoto procesu dochází k uvolňování velkého množství prachu do okolí karuselu. V další fázi bych proto navrhovala vyřešit kryt i nad oblastí vypadávání umělého kameniva. Jelikož se zde uvažuje o umístění většího drtiče, nelze na toto místo použít řešení této bakalářské práce. Aby bylo zachycení uvolněného prachu co nejefektivnější, je nutné vyřešit kryt globálně pro celý proces drcení kameniva, což znamená odizolovat krytem nejen prostor nad karuselem, ale také prostor pod karuselem, kam spečence vypadávají.

V dalších fázích, po odzkoušení prototypu, bych doporučovala zaměřit se na průtoky, které procházejí celou vsázkou a zkusit navrhnout model pro simulaci procesu, na kterém by se daly vyřešit potřebné průtoky vzduchu a vlastnosti výpalu ještě před samotným výpalem.

## ZÁVĚR

---

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout samostatné zařízení pro odsávání spalin, které by bylo schopno reagovat na kontinuální provoz karuselového spékacího roštu. Zařízení muselo být navrženo tak, aby nezasahovalo do původního zařízení a bylo nezávislé na průběhu výpalu. Tento požadavek na vyrobení vznikl od společnosti Svoboda a syn s.r.o. jako reakce na zkušební výpaly na karuselu.

Bakalářská práce se v kapitole 1 zabývá obecnou problematikou vypalování na aglomeračních roštech a popisuje zařízení pro výrobu umělého kameniva. V kapitole 3 jsou popisovány různé varianty řešení odsávání a jejich problematické části. Výsledný konstrukční návrh je popsán kapitole 4, kde se na hlavní rám přišroubovávají jednotlivé bloky, které na sebe navazují a vytvářejí tak zakrytování aktivní části celého karuselu. Pro těsnění s karuselem se muselo použít takzvané pískové lože, které zabraňuje úniku spalin do ovzduší a chrání tak dělníky, pracující kolem celého karuselu.

Poslední částí řešeného problému je nastavování odsávání zplodin, kde se musí postupovat velice opatrně a to zejména proto, aby odsávání nebylo příliš velké a neovlivňovalo výsledný výrobek. Další problém je, že podmínky nejsou stálé a navíc každá směs vsázky potřebuje jiné podmínky. Proto se do potrubního systému volila klapka, poháněná servomotorem, který ovlivňuje odsávání. Tento systém dokáže reagovat prakticky ihned na vzniklou situaci a výrazně ovlivnit kvalitu vyrobené suroviny.

Je velký předpoklad, že se výsledný návrh použije pro výrobu prvního prototypu odsávání spalin a následně se na karuselu udělají další testy pro použití tohoto způsobu odsávání. Předtím se ale ještě musí vyřešit řízení nastavitelných klapek pomocí programu. Po prvních výpalech bude jasné, zda se systém odsávání uplatní ve výzkumu společnosti Svoboda a syn s.r.o.

Popílek vzniká při spalování uhlí v tepelných elektrárnách. V minulosti byl brán jako odpad, který musely elektrárny drahým způsobem ukládat na skládkách. V současné době se vyvíjí nové metody zpracování popílku a z nepotřebného odpadu se stala užitečná surovina, která se úspěšně používá jako přísada do betonu.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

---

- [1] *Skupina ČEZ* [online]. 2014 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/>
- [2] *HEPA filtr* [online]. 2013 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/HEPA\\_filtr](http://cs.wikipedia.org/wiki/HEPA_filtr)
- [3] *Ergoplan: Pracovní stoly, nábytek, židle, měřicí technika* [online]. 2014 [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.ergoplan.cz/>
- [4] *Tigemma, spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://www.tigemma.cz/>
- [5] *Nederman* [online]. [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: <http://www.nederman.cz/>
- [6] ŠMÍDEK, Otakar. *Těsnění aglomeračního pásu* [online]. Vynález, 110853. Uděleno 23.11.1962. [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/110/110853.pdf>
- [7] ŠMÍDEK, Otakar a Libor ODSTRČIL. *Těsnění aglomeračního pásu* [online]. Vynález, 127733. Uděleno 11.3.1967. [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/127/127733.pdf>
- [8] KUBÍN, Sáva, Libor ODSTRČIL. *Zařízení pro mazání těsnících lišt aglomeračního pásu pro spékání hutních materiálů* [online]. Vynález, 144906. Uděleno 30.12.1970. [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/144/144906.pdf>
- [9] *Svoboda a syn* [online]. 2009 [cit. 2014-15-05]. Dostupné z: <http://www.sasbrno.cz/vyzkum-cz>
- [10] FEČKO, P. *Popílek*, Ostrava: VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2003. 187 s. ISBN: 80-248-0327-5
- [11] *Snímač tlaku* [online]. 2005 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: [http://www.bola.cz/soubory/1019/41255\\_N1909\\_QBE2002\\_2\\_.pdf](http://www.bola.cz/soubory/1019/41255_N1909_QBE2002_2_.pdf)
- [12] *Klapky SKG* [online]. 2013 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://vzduchotechnika.sorke.eu/files/katalogy/SKG.pdf>
- [13] BATELKA, Michal. *Vývoj surovinové směsi pro výrobu kameniva ze spékaných popílků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Diplomová práce, 2008 [cit. 2014-16-04]

**SEZNAM POUŽITÝ ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN**

$M_1$	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$	hmotnostní průtok potrubí
$d_1$	m	průměr potrubí
$S_1$	$\text{m}^2$	průřez potrubí
$W$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	střední rychlost v potrubí
$P$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	idealizovaná hustota vzduchu
$M_2$	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$	hmotnostní průtok potrubí
$M_3$	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$	hmotnostní průtok potrubí
$d_2$	m	průměr potrubí
$d_3$	m	průměr potrubí
$F_{r1}$	N	zatěžující síla rámu
$F_{r2}$	N	zatěžující síla rámu
$l_r$	m	délka ramene rámu
$l_r$	m	délka ramene rámu
$l_{r2}$	m	vzdálenost zatěžující síly na rámu
$l_{r2}$	m	vzdálenost zatěžující síly na rámu
$F_x$	N	výsledná síla v ose X
$F_y$	N	výsledná síla v ose Y
$M_{ia}$	$\text{N} \cdot \text{mm}$	výsledný zatěžovací moment ve vazbě A
$l_s$	mm	svěrná délka
$l_x$	mm	celková tloušťka desek bez podložek
$h$	mm	výška podložky
$b$	mm	délka závitů
$d$	mm	průměr šroubu
$l_g$	mm	délka válcové části
$l_b$	mm	délka dřívku bez závitů
$S_s$	mm	obsah průřezu šroubu
$m$	mm	výška matice
$A_s$	mm	výpočtový průřez šroubu
$k_s$	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$	tuhost šroubu
$h_1$	mm	tloušťka
$h_2$	mm	tloušťka
$h_3$	mm	tloušťka
$h_4$	mm	tloušťka
$dk_1$	mm	spodní průměr komolého dvojkužele
$k_p$	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$	tuhost spojovaných součástí
$C$		tuhostní konstanta spoje
$F_i$	N	síla předpětí
$n$		bezpečnost

## SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1 Graf zdrojů použitých pro výrobu elektřiny [1].....	12
Obr. 2 Odsávací zařízení společnosti Ergo plan [3].....	13
Obr. 3 Princip odsávacího zařízení [3].....	13
Obr. 4 Odsávací zařízení společnosti Tigemma[4] .....	14
Obr. 5 Popis zařízení společnosti Tigemma[4] .....	14
Obr. 6 Odsávací zařízení společnosti Nederman [5].....	15
Obr. 7 Odsávací rameno společnosti Nederman [5] .....	15
Obr. 8 Těsnění pomocí pružin [6] .....	16
Obr. 9 Těsnění pomocí vertikálně pohyblivého plechu [7].....	17
Obr. 10 Podélný řez třecími plochami [8].....	17
Obr. 11 Půdorysný pohled příkladného provedení třecí plochy [8] .....	18
Obr. 12 Prototyp karuselu [9].....	19
Obr. 13 Model karuselu.....	20
Obr. 14 Kryt zavěšený nad karuselem .....	21
Obr. 15 Kryt upevněný na stojanech.....	22
Obr. 16 Pohled z půdorysu na rám.....	24
Obr. 17 Ohýbaný plech krytu s navařenými plechy .....	25
Obr. 18 Pískové lože .....	26
Obr. 19 Postup výpalu.....	27
Obr. 20 Kryt se systémem potrubí .....	27
Obr. 21 Oddělená montáž čidla.....	29
Obr. 22 Stojan .....	29
Obr. 23 Uvolnění vnějších sil.....	30
Obr. 24 Zakótování rozměrů šroubového spoje .....	31
Obr. 25 Tuhost pomocí komolých kuželů .....	32

## **SEZNAM PŘÍLOH**

---

- 1) Model odsávání spalin
  - 3D model umístěná na příložením CD-ROM
- 2) Technická dokumentace odsávání spalin
  - návrhová sestava včetně výrobních výkresů
- 3) CD ROM s bakalářskou prací včetně 3D modelu a technické dokumentace v elektronické podobě